KOLLMORGEN
A REGAL REXNORD BRAND

WHITEPAPER

Der Bau humanoider Roboter: Vom Entwurf bis zur Umsetzung

Der menschliche Körper ist ein wahres Wunderwerk: Er kann sich in praktisch jedem Gelände fortbewegen, besitzt eine hervorragende Sehschärfe und -tiefe, einen ausgeprägten Tastsinn und eine große Geschicklichkeit im Umgang mit Gegenständen und Werkzeugen. Von Menschen und für Menschen gebaute Umgebungen sind so gestaltet, dass diese Fähigkeiten optimal genutzt werden können.

Solche Umgebungen finden sich überall, selbst in den modernsten Fertigungs-, Lager- und weiteren industriellen Bereichen. Ungeachtet der weitgehenden Automatisierung sind nach wie vor menschliche Arbeitskräfte erforderlich, um Lücken zwischen mehreren fest installierten automatisierten Systemen zu schließen, von denen jedes für einen bestimmten Zweck bestimmt ist. Vom Menschen ausgeführte Aufgaben, die sich oft von Tag zu Tag ändern, erfordern flexible und autonome Bewegungen, mit denen automatisierte Prozesse verbunden werden können, um die Kontinuität und Leistung des gesamten Betriebs zu gewährleisten.

Allerdings sind Kraft und Ausdauer des Menschen begrenzt. Arbeitskräfte, die diese Aufgaben wahrnehmen, können sich Verletzungen zuziehen. Die Fluktuation der Beschäftigten in diesen anstrengenden und manchmal gefährlichen Berufen ist hoch. Das kann zu Fachkräftemangel führen, der erhebliche Störungen bei der Bereitstellung und Produktion zur Folge hat.

Die Aufgaben, die unbedingt von Menschen ausgeführt werden müssen, können nicht durch das Hinzufügen von weiteren zweckgebundenen Maschinen erledigt werden, ohne dass dafür große Kosten anfallen und umfangreiche Änderungen in der Anlage oder im Lager vorgenommen werden müssen. Solche Aufgaben sind jedoch das ideale Einsatzgebiet für humanoide Roboter – so entfällt das Problem des Arbeitskräftemangels, und die Menschen müssen nicht mehr Schwerarbeit leisten und sich potenziellen Gefahren aussetzen, sondern können kreativere Aufgaben übernehmen.

Aus diesem Grund sind humanoide Roboter – früher nur im Zusammenhang mit Science-Fiction-Fantasien und Animationen in Themenparks bekannt – zu einem wichtigen Bereich in der Forschung und Entwicklung geworden. In den letzten zehn Jahren ist die Technologie der humanoiden Roboter so weit vorangeschritten, dass viele wissenschaftliche Teams, Start-ups und etablierte Unternehmen an der Entwicklung von Humanoiden arbeiten, die die Arbeitswelt revolutionieren und Menschen vor Gefahren schützen sollen.

Die kontinuierliche Weiterentwicklung der Fähigkeiten von Humanoiden beruht auf Fortschritten bei visuellen Systemen, taktilen und propriozeptiven Sensoren, der Leistungsfähigkeit von Batterien, Algorithmen im Bereich der künstlichen Intelligenz, der Verarbeitungsgeschwindigkeit sowie weiterer Technologien. Der entscheidende Faktor ist jedoch immer die Bewegung. Können die Gliedmaßen eines Roboters nicht schnell, kraftvoll, präzise und auch grazil auf die sensorischen Eingaben und Bewegungsbefehle des Systems reagieren, so kann er seine Aufgaben nicht in zufriedenstellender Weise erfüllen. Weiterentwicklungen von Motoren und motorgetriebenen Aktuatoren bilden das Herzstück der aktuellen Entwicklung im Bereich der anwenderorientierten Robotik.

Herausforderungen bei der Bewegung von Humanoiden sind sowohl technischer als auch kommerzieller Natur

Im schnell expandierenden Bereich der humanoiden Robotik sehen sich Ingenieure gefordert, in kürzester Zeit Entwürfe zu erarbeiten, die neue Funktionen zu einem leistbaren Preis bieten – und zwar schneller als die Konkurrenz. Unter diesen Bedingungen kommt es auf schnelle Konzeption und Iteration an, um einen überzeugenden Prototyp zu entwickeln. Aber erst im Prototyping zeigt sich das wahre Ausmaß der Herausforderungen, die mit dem Thema der Bewegungsführung verbunden sind.

Die Entwicklung von Robotern mit optimalen Bewegungseigenschaften ist schon anspruchsvoll genug. Sie so zu konstruieren, dass sie möglichst einfach herzustellen sind, macht diese Aufgabe noch schwieriger. Wenn es den Planungsteams nicht gelingt, Leistungsfähigkeit und Marktgängigkeit in Einklang zu bringen, ist das Projekt gefährdet. Bei einem erfolgreichen Prototyp müssen von Anfang an sowohl technische als auch kommerzielle Aspekte berücksichtigt werden.

Aus technischer Sicht sind Bewegungssysteme, die nicht speziell für Roboterbewegungen entwickelt wurden, möglicherweise zu groß, zu schwer und kaum für die kinematischen Anforderungen bei der Durchführung von menschenähnlichen Aufgaben in einem menschlichen Maßstab geeignet. Entwickler könnten zum Beispiel versuchen, gängige Motoren zu verwenden, die ursprünglich für den Einsatz in Drohnen entwickelt wurden. Diese Motoren sind jedoch für vergleichsweise hohe Drehzahlen ausgelegt und können nicht das gleichmäßige Drehmoment über den gesamten Drehzahlbereich liefern, das für die Arm- und Beingelenke von Humanoiden benötigt wird.

Aus wirtschaftlicher Sicht muss von Anfang an auf eine möglichst gute Herstellbarkeit und Marktfähigkeit geachtet werden. Ein Motor, der bei einem niedrigen Preis eine annähernd geeignete Passform bietet, kann Entwicklungsingenieuren bei der Einhaltung von knappen Zeitplänen und Budgets helfen. Wenn allerdings die Leistung eines solchen Roboters nicht den Erwartungen entspricht und ein kostengünstiger Standardmotor nicht in gleichbleibender Qualität hergestellt und durch einen effektiven technischen Support ergänzt wird, kann sich ein Schnäppchen in der Entwicklungsphase schnell als Nachteil bei der Vermarktung erweisen.

Andererseits steigt mit dem Einsatz einer hochwertigen kundenspezifischen Lösung das Risiko, da sie deutlich höhere Kosten verursacht und unter Umständen nicht für die Massenproduktion skalierbar ist.

Diese Leistungs- und Marktrisiken müssen jedoch nicht zwingend eingegangen werden. Technische und wirtschaftliche Herausforderungen scheinen im Widerspruch zueinander zu stehen, aber sie können beide durch eine optimale Entwicklungsstrategie gelöst werden, die Bewegungsprodukte unter Berücksichtigung der Anforderungen an Leistung und Herstellbarkeit spezifiziert.

Mit einer Bewegungsstrategie auf Systemebene beginnen

Bei den Entscheidungen bezüglich der Bewegungsanforderungen sollte das gesamte System berücksichtigt werden. Bei den für humanoide Bewegungen benötigten Leistungsniveaus ist es nicht gleichgültig, welcher Motor verwendet wird. Er muss in Bezug auf Form, Gewicht und hochspezifische Leistungsmerkmale optimiert werden, wie etwa die Fähigkeit, auf die von einem Gelenk eines humanoiden Roboters geforderten dynamischen Beschleunigungsimpulse zu reagieren und dabei möglichst effizient zu arbeiten. Und wie bereits erwähnt, müssen diese Kriterien erfüllt werden, ohne die Wirtschaftlichkeit und Herstellbarkeit einer handelsüblichen Serienlösung zu vernachlässigen.

Zur Ermittlung der bestmöglichen Motorspezifikation müssen zunächst die Anwendungsanforderungen der einzelnen Robotergelenke erfasst und dokumentiert werden, einschließlich des gesamten dynamischen Drehmoment- und Drehzahlbereichs, des Spektrums an Trägheitslasten, die während des Betriebs auftreten können, sowie der Zielvorgaben für Gewicht und Platzbedarf.

Nachdem die dynamischen Anforderungen der einzelnen Gelenke geklärt sind, beginnt die Konstruktion des Gelenks nicht mit der Spezifikation des Motors, sondern mit der Spezifikation des mechanischen Systems – ob es sich also um ein Dreh- oder Lineargelenk handelt – und des Getriebeaufbaus. Diese Anforderungen bestimmen, welche Art von Motor mit welchem Getriebesystem kombiniert werden kann.

Denken Sie zum Beispiel an die möglichen Auswirkungen von Nachgiebigkeit und Spiel innerhalb des Getriebes. Eine geringe Ungenauigkeit, die bei einer automatischen industriellen Anlage akzeptabel sein mag, kann bei einem humanoiden Roboter ein Problem darstellen, wenn von ihm erwartet wird, dass er bei der Ausführung extrem feinfühliger und leistungsstarker Aufgaben das Gleichgewicht hält. Außerdem muss damit gerechnet werden, dass auch der fähigste humanoide Roboter in einer dynamischen Welt gegen Dinge stößt oder stolpert, genau wie ein echter Mensch es tut. Das von Ihnen gewählte Getriebe muss in der Lage sein, derartigen unvorhersehbaren Einwirkungen und Belastungen standzuhalten.

Die Betrachtung der verschiedenen Getriebearten soll hier nicht weiter vertieft werden. Allerdings sei angemerkt, dass in humanoiden Robotern am häufigsten Drehgelenke zum Einsatz kommen, die so kombiniert werden, dass sie die Bewegungen von Knöcheln, Knien, Hüften, Schultern, Ellbogen, Handgelenken und weiteren Gelenken simulieren können. Wellgetriebe, auch Spannungswellengetriebe genannt, erfüllen die Anforderungen an derartige Drehgelenke besonders gut.

Wellgetriebe bieten:

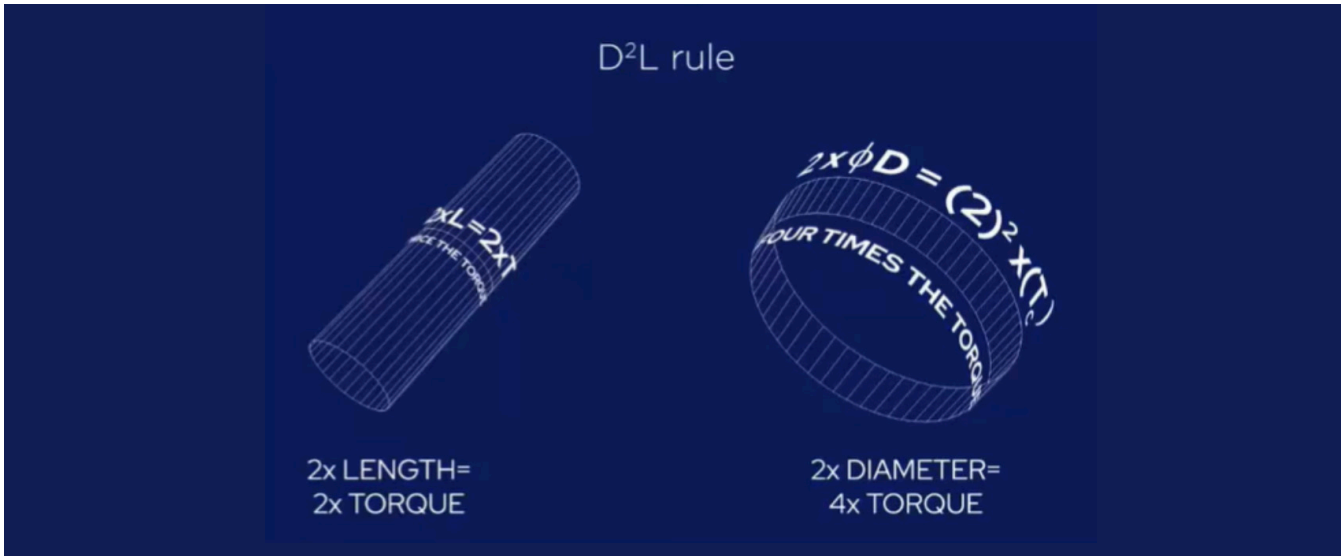
- Hohe Untersetzungsverhältnisse in einer einzigen Stufe für eine hohe Leistungsdichte und eine sanfte Beschleunigung/Verzögerung.
- Spielfreiheit für genaue Positionierung und zuverlässigen Halt.
- Einen axial besonders kompakten Formfaktor, welcher kompakte und bewegliche Roboterkonstruktionen ermöglicht.
- Zuverlässigkeit und Widerstandsfähigkeit bei Stoßbelastungen.
- Verfügbarkeit von Standardprodukten, die für den Einsatz in Robotergelenken geeignet sind.

Getriebeart	Drehmoment/-Kraft	Getriebespiel	Gewicht	Wirkungsgrad	Kosten
Planetengetriebe	Neutral	Negativ	Neutral	Positiv	Positiv
Wellgetriebe	Positiv	Positiv	Positiv	Negativ	Negativ
Zykloidgetriebe	Positiv	Neutral	Negativ	Neutral	Negativ
Kugelgewindetrieb	Positiv	Neutral	Positiv	Neutral	Positiv

Arten von Reduktionsgetrieben und ihre jeweiligen Eigenschaften

Bei der Auswahl eines Wellgetriebes sollte erwogen werden, ob nicht ein Getriebesatz mit relativ großem Außendurchmesser den Anforderungen gerecht wird. Durch die Vergrößerung des Durchmessers kann ein Motor mit größerem Durchmesser verwendet werden, sodass die Vorteile der D^2L-Regel genutzt werden können. Diese Regel besagt, dass das Drehmoment in direktem Verhältnis zu einer Zunahme der Stapellänge des Motorlamellenpakets zunimmt – oder, alternativ, im Quadrat zu einer Zunahme des Durchmessers des Drehmomentarms.

Mit anderen Worten: Eine Verdopplung des Durchmessers des Drehmomentarms führt zu einer Vervierfachung des Drehmoments – oder ermöglicht alternativ eine Reduzierung der Stapellänge um drei Viertel ohne Drehmomentverlust. Die D^2L-Regel ist eine einfache Möglichkeit, das Drehmoment der einzelnen Gelenke zu maximieren. Außerdem ermöglicht die Verringerung der axialen Länge eines Robotergelenks bei vielen Konstruktionen einen wendigeren Roboter mit mehr Bewegungsfreiheit, um in engen Räumen und in unmittelbarer Nähe von Objekten in der Umgebung zu arbeiten.



Gestaltung für die Herstellbarkeit und Marktfähigkeit in großem Maßstab

Hat man eine geeignete Gelenkarchitektur entworfen, muss im nächsten Schritt geprüft werden, ob die Komponenten einer solchen Architektur für die Massenproduktion eines für den vorgesehenen Markt interessanten Roboters geeignet sind. Dabei ist die Frage zu klären, ob der Entwurf so solide ist, dass man ihn skalieren kann, und ob die von Ihnen ausgewählten Komponenten beim Übergang vom Prototyp zur Serienfertigung auch leicht verfügbar, funktional einwandfrei und mechanisch zuverlässig sein werden.

Wir haben bei Kollmorgen viele Prototypen gesehen, die unter Zeit- oder Budgetbeschränkungen entworfen wurden, und bei denen die Zweckmäßigkeit der Konstruktion oder die Preisgestaltung des Produkts die wichtigsten Auswahlkriterien waren. Wenn das Ergebnis ein Gelenkdesign ist, das zu groß, zu schwer und von minderer Leistung ist, erfordert das eine zeit- und kostenintensive Überarbeitung dieses Entwurfs – oder das Projekt muss ganz aufgegeben werden. Schlimmstenfalls wird das Konzept unter großem Aufwand zur Marktreife gebracht, nur um dann auf dem betreffenden Markt nicht angenommen zu werden.

Wir sind fest davon überzeugt, dass es sowohl kurz- als auch langfristig von Vorteil ist, wenn das Design von Anfang an stimmt. So können Sie schneller ein besseres und rentableres Produkt auf den Markt bringen. Dies erfordert in vielen Unternehmen ein Umdenken, da die Bereiche Forschung und Entwicklung häufig von der Produktion isoliert betrachtet werden. In Wirklichkeit müssen Forschung und Entwicklung sowie die Produktion gemeinsame Ziele, Ressourcen und Prozesse haben, um erfolgreich zu sein.

Neben dem funktionalen Design gilt es, bei der Entwicklung der Prototypen auch die operative Leistungsfähigkeit zu berücksichtigen. Überlegen Sie schon zu Beginn Ihres Projekts, wie die Entwicklung des Entwurfs aussehen soll – angefangen beim Prototyp über die praktische Erprobung bis hin zur ersten Kleinserie und schließlich zur Serienproduktion. Auf diese Weise können Verzögerungen, Rückschläge oder gar eine umfassende Neukonzeption vermieden werden.

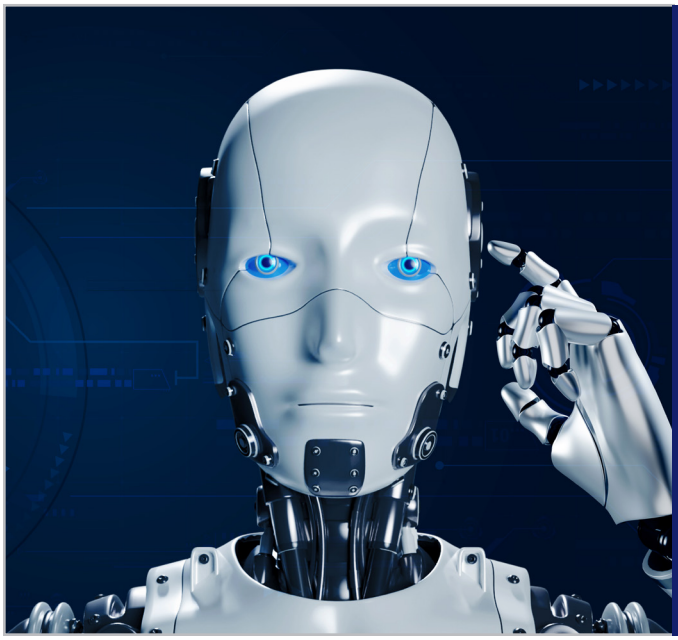
Bei der Auswahl, Dimensionierung und Konfiguration von Motoren müssen neben der Drehzahl, dem Drehmoment und der Leistungseigenschaften auch noch weitere Faktoren berücksichtigt werden, darunter:

- Das Belastungsverhalten des Getriebesystems in den höchst unterschiedlichen Umgebungen, in denen humanoide Roboter eingesetzt werden, und die Leistungsanforderungen an den Motor.
- Die Abstände zwischen dem Motor, dem Getriebe und den weiteren Gelenkkomponenten.
- Die Umgebungstemperaturen während des Betriebs, die Wärmeentwicklung des Motors und eventuelle Vorkehrungen zur Ableitung von Wärme.
- Mögliche Beeinträchtigungen der Leistung des Motors oder benachbarter Komponenten wie Getriebeschmierstoffe und Rückführungselektronik aufgrund übermäßiger Wärmeentwicklung.
- Die Reihenfolge der Fertigung in Bezug auf die Kabelführung, die Installation der Rückführsysteme, die Verarbeitung von Klebstoffen usw.

Diese und viele andere Faktoren sind bei der Konzeption eines Prototyps, bei dem die Grundsätze des fertigungsorientierten Designs (DFM) berücksichtigt werden, von entscheidender Bedeutung. Kollmorgen berücksichtigt bei seiner Arbeit schon immer das DFM, sowohl bei der Entwicklung und Herstellung unserer eigenen Bewegungssysteme als auch bei der technischen Zusammenarbeit mit Kunden, um sie bei der Optimierung ihrer Projekte mit Blick auf das DFM zu unterstützen.

Zusammengefasst verfügen wir über mehrere hundert Jahre an Erfahrungswerten und haben in dieser Zeit an einer Vielzahl von Kundenprojekten gearbeitet, in denen wir bei der Optimierung der Motoren im Hinblick auf die Leistungsanforderungen der jeweiligen Anwendung und ihre Herstellbarkeit mitgewirkt haben. Unsere praxiserprobten Prozesse beinhalten die Zusammenarbeit vom ersten Entwurf über das Prototyping und das iterative Design bis hin zur abschließenden Überprüfung des Entwurfs und der vollständigen Skalierung der Fertigung. Unsere Kunden können darauf vertrauen, dass ihr Projekt von Anfang bis Ende nach Plan verläuft.

Außerdem stellen wir über Jahre hinweg Antriebssysteme mit den stets gleichen Spezifikation und Qualitäten zur Verfügung – und das bei gleichzeitiger kontinuierlicher Weiterentwicklung, um den Anforderungen eines sich stetig weiterentwickelnden Marktes Rechnung zu tragen. Unser Ziel ist es, neuen Entwicklungsvorhaben stets optimal funktionierende Produkte zur Verfügung zu stellen und Unternehmen gleichzeitig einen kontinuierlichen Zugang zu den Produkten zu gewährleisten, die für die vollständige Herstellung und die Serviceanforderungen des Aftermarkets gebraucht werden.



Mehrfach haben bereits führende Unternehmen im Bereich der humanoiden Robotik unsere Prozesse, Fähigkeiten und Produkte im Rahmen eigener Audits in unseren Produktionsstätten überprüft. Bei jedem Besuch hat Kollmorgen die Erwartungen übertroffen.

Integration der gehäuselosen Technologie von Kollmorgen

Es gibt unendlich viele verschiedene mechanische Systeme sowie Unterschiede zwischen einzelnen Bewegungsprodukten. Kollmorgen hat sich zum Ziel gesetzt, die umfassendste Auswahl an Motoren für Roboter in einer Vielzahl von Größen anzubieten – mit preisgünstigen Standardlösungen und kundenspezifischen Modifikationen, die die genauen Leistungsanforderungen der jeweiligen Anwendung erfüllen, ohne dabei Abstriche bei der Herstellbarkeit zu machen.

Der Anspruch und die besondere Stärke von Kollmorgen ist es, mit Motoren höchster Qualität zuverlässige Leistungen zu erbringen und eine gesicherte Herstellbarkeit in allen Größenordnungen zu gewährleisten.

Zu den wichtigsten Anforderungen gehören beispielsweise die Minimierung des Stromverbrauchs, da humanoide Roboter in der Regel autonom über eine Batterie betrieben werden, sowie die Optimierung des Drehmoments, da sie ihr eigenes Gewicht tragen müssen, während sie Aufgaben erfüllen, bei denen menschliche oder sogar übermenschliche Kräfte mit äußerster Präzision zum Einsatz kommen.

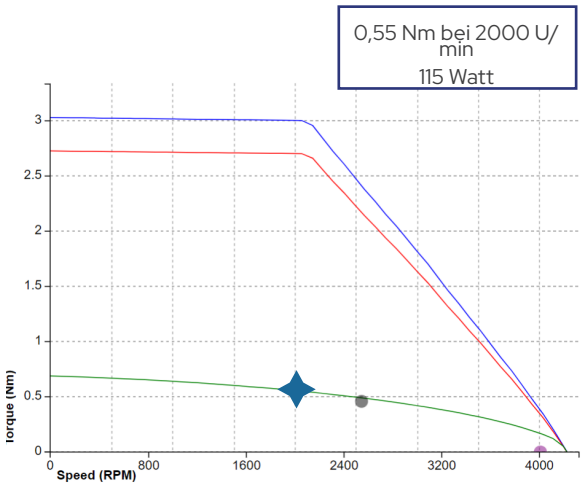
Kollmorgen bietet gehäuselose Motoren an, die speziell für die Anforderungen von Robotergelenken entwickelt wurden. Sie sind kompakt, leicht und energieeffizient - und bieten die Möglichkeit, die Wicklungseigenschaften für maximale Effizienz in den spezifischen Drehmoment- und Drehzahlbereichen der jeweiligen Anwendung fein abzustimmen.

Diese Eigenschaften erlauben es Roboteringenieuren, durch die Bereitstellung eines optimalen Drehmoments in einem kleineren, leichteren Motor die Abmessungen, das Gewicht und den Energieverbrauch zu minimieren. Dank der leichten Gelenke ist eine bessere Gewichtsverteilung möglich, wodurch Gleichgewicht und Stabilität des Roboters verbessert werden. Dank der axial kleineren Gelenke können die Roboterarme geschickter eingesetzt werden, während das Risiko von Kollisionen mit Bauelementen und Gegenständen verringert wird. Aufgrund der guten Energieeffizienz sind längere Einsatzzeiten zwischen den einzelnen Batterieladungen möglich.

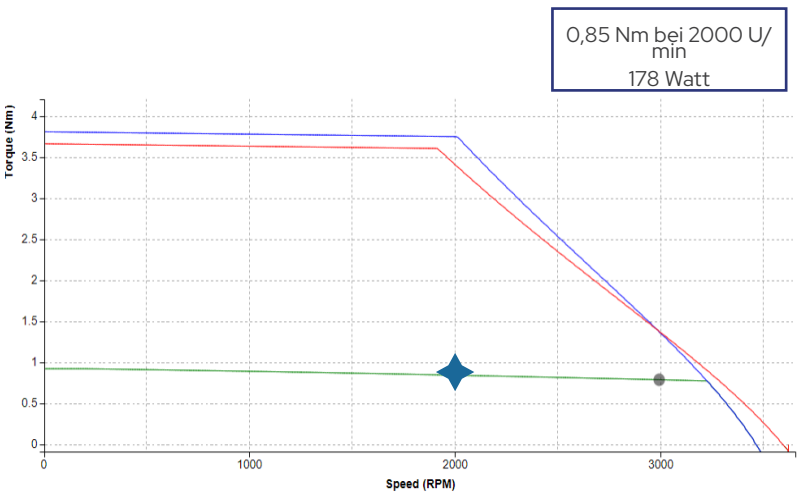
Die gehäuselosen Servomotoren der TMB2G-Serie von Kollmorgen wurden speziell im Hinblick auf die Anforderungen an Formfaktor, Energieverbrauch und Leistung von Robotergelenken entwickelt. Sie erfüllen die Anforderungen an die Abmessungen, das Drehmoment und die Drehzahl von Standard-Wellgetrieben und eignen sich daher für äußerst kompakte und präzise Robotergelenke, ohne dass hierfür Kosten für kundenspezifische Anpassungen der Getriebe anfallen.

TBM2G-Motoren nutzen die Vorteile der D^2L-Regel, um die volle Leistung in den leichtesten, axial kompakten Gelenken zu liefern. Diese Bauweise ermöglicht außerdem eine große Durchgangsbohrung zur Aufnahme von Kabeln und anderen Komponenten, die durch die Gelenke des Roboterarms geführt werden. Diese Motoren arbeiten mit einer breiten Palette von Encodern und können sogar mit integrierten Hallsensoren geliefert werden, die die Motorlänge nicht erhöhen.

Dank des außergewöhnlich geringen Wärmeanstiegs können die TBM2G-Motoren ohne Leistungseinbußen in unmittelbarer Nähe von temperaturempfindlichen Komponenten betrieben werden. So entspricht beispielsweise eine maximale Wicklungstemperatur von 155 °C bei einem Motor mit Isolierung der Klasse F einer Nenntemperatur von 140 °C in unmittelbarer Nähe von Encoder- und Getriebekomponenten. Die TBM2G-Motoren erbringen hingegen herausragende Leistungen bei Temperaturen von nicht mehr als 85 °C, was Zuverlässigkeit und Lebensdauer der Robotergelenke erheblich verbessert.



Typische Motorleistung bei 25 °C Umgebungstemperatur und einer maximalen Wicklungstemperatur von 85 °C



Leistung des TBM2G-Motors bei 25 °C Umgebungstemperatur und einer maximalen Wicklungstemperatur von 85 °C

Für die Erstellung der in den Diagrammen gezeigten Motoranalysen wurde der umfangreiche Leistungskurvengenerator von Kollmorgen verwendet, eines von mehreren zur selbständigen Nutzung verfügbaren Online-Design-Tools auf der Kollmorgen-Website. Wie zu erkennen ist, erbringt der TBM2G-Motor außergewöhnliche Leistungen bei einer Wicklungstemperatur von 85 °C. Um eine vergleichbare Leistung zu erreichen, müssen praktisch alle anderen erhältlichen gehäuselosen Servomotoren erheblich heißer betrieben werden, im Allgemeinen mit einer Wicklungstemperatur von maximal 155 °C.

Für stark integrierte Robotergelenke stellt dies ein großes Problem dar. Wenn die Wicklungstemperatur auf über 85 °C ansteigt, verschlechtert sich die Qualität der Getriebeschmierung schnell und die elektronischen Rückführsysteme können dadurch unzuverlässig werden. Wird dagegen ein Motor, der für eine optimale Leistung bei einer Temperatur von 155 °C ausgelegt ist, bei einer maximalen Wicklungstemperatur von 85 °C betrieben, verschlechtert sich seine Leistung erheblich. Der TBM2G ist der einzige gehäuselose Servomotor auf dem Markt, der unter den realen Temperaturbeschränkungen von Robotergelenken überragende Leistungen erbringt.

Mit den TBM2G-Servomotoren können Konstrukteure von Robotern außerdem die Größe der einzelnen Motoren für jedes Gelenk anpassen. Anders als die zwei oder drei Baugrößen, in denen Servomotoren üblicherweise angeboten werden, sind die TBM2G-Motoren in sieben Baugrößen erhältlich, jeweils mit drei verschiedenen Stapellängen und einer Reihe von Standardoptionen für eine ideale Anpassung an die jeweilige Anwendung. Eine Auswahl an Wicklungsvarianten optimiert die Motorleistung bei verschiedenen Busspannungen, einschließlich Wicklungen, die ideal für batteriebetriebene und humanoide Roboter sind.

Die TBM2G-Serie wird nach den höchsten Qualitätsstandards gebaut und bietet die Herstellbarkeit, die Lieferung und den Support, den Sie benötigen, um Ihren humanoiden Roboter vom Prototyp bis zur Großserienproduktion zu bringen – und das in jeder Größenordnung und überall auf der Welt.

Auf Ihren Partner in Sachen Bewegungstechnik kommt es an

Die gehäuselosen Servomotoren der Serie TBM2G sind nur ein Beispiel für Kollmorgens Engagement für hochwertige Robotertechnik. Unsere gehäuselosen TBM- und RBE-Motoren sowie zahlreiche andere Produkte erfüllen eine Vielzahl von Bewegungsanforderungen auf dem vielfältigen und schnell wachsenden Sektor humanoider Roboter wie auch anderer Robotermodelle.

Nicht weniger wichtig: Unsere Ingenieure verfügen über umfangreiche Erfahrungen auf dem Gebiet der Robotik. Wir unterstützen Sie bei der Entwicklung einer optimalen Bewegungslösung, mit der Sie die einzigartigen Fähigkeiten Ihres Roboters realisieren können. Mit unserer schlanken Fertigung, wiederholbaren Prozessen und Qualitätskontrollen helfen wir Ihnen, schnell vom Prototyp zur Serienproduktion überzugehen, und liefern Ihre Bewegungssysteme stets termingerecht. Und wir bieten langfristigen Support in der Region/für die Region, um die Produktlieferung während des gesamten Lebenszyklus Ihres Roboters aufrechtzuerhalten, die Kosten zu kontrollieren und die Produktion nach Bedarf zu skalieren.

Kontaktieren Sie uns, um Ihre Anforderungen und Ziele mit einem Kollmorgen-Experten für Robotertechnik zu besprechen.

Wissenswertes über Kollmorgen

Kollmorgen, eine Marke von Regal Rexnord, verfügt über mehr als 100 Jahre Erfahrung in der Antriebstechnik, die sich in den leistungsstärksten und zuverlässigsten Motoren, Antrieben, FTS-Steuerungslösungen und Automatisierungsplattformen der Branche bewährt hat. Wir liefern bahnbrechende Lösungen, die in puncto Leistung, Zuverlässigkeit und Benutzerfreundlichkeit unübertroffen sind und Maschinenbauern einen unbestreitbaren Marktvorteil verschaffen.

©2023 Kollmorgen Corporation. Alle Rechte vorbehalten.